

Retazos de la alimentación, salubridad y contaminación ambiental en un buque del siglo XIX. Análisis paleobiológico y tafonómico de los restos faunísticos del *Fougueux*-pecio de Camposoto (Cádiz)

Eloísa Bernaldez-Sánchez

Jefa de Proyectos del Laboratorio de Paleobiología
Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
Avda. de los Descubrimientos s/n. 41092. Sevilla
eloisa.bernaldez@juntadeandalucia.es

Esteban García-Viñas

Becario predoctoral. Área de Zoología
Universidad Pablo de Olavide
egarvin@acu.upo.es

Auxiliadora Gómez

Laboratorio de Química
Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
mariaa.gomez.moron@juntadeandalucia.es

Esther Ontiveros

Laboratorio de Geología
Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico
esther.ontiveros@juntadeandalucia.es

Nuria E. Rodríguez

Centro de Arqueología Subacuática
nuria.rodriguez.mariscal@juntadeandalucia.es

1109

Resumen: El hallazgo de doce restos óseos de bóvido, rata y peces aporta nuevos datos sobre la vida cotidiana del navío francés *Fougueux* que se hundió frente a las costas de Cádiz a comienzos del siglo XIX (1805). El estado de conservación de las muestras era excelente, lo que permitió que además de los análisis taxonómicos y tafonómicos, realizáramos análisis físico-químicos que nos llevaron más allá de la Tafonomía macroscópica. Aún siendo escasa la muestra ósea registrada en el pecio de Camposoto hemos obtenido una representación faunística de la alimentación (ungulados), de la comunidad del «ecosistema buque» (roedores) y del medio marino (ictiofauna). Los análisis

físico-químicos nos han mostrado algunos aspectos del proceso diagenético que han seguido los semifósiles analizados. Además nos ha permitido el registro de un aspecto ambiental de la época, como podría ser una contaminación por plomo en el medio, a partir del análisis de un hueso de vaca.

Palabras clave: Paleobiología, Tafonomía, XRD, SEM, EDX.

Abstract: We found 12 bones from cattle, a rat and two fish which give us new data about common life on the French ship «Fougueux». This ship was defeated on the coast of Cádiz at the beginning of the 19th Century (1805). The preservation state of the samples were excellent and we were able to make Physical-Chemical analysis as well as taxonomical and (macroscopic) taphonomical studies. We were only able to find only a few bones in the deposit, but these consisted of domestic animals (cattle), animals who lived in the community of a «ship-ecosystem» (rat) and animals from the marine ecosystem (fish). The Physical-Chemical analysis shows some results related to diagenetic processes which provide us with knowledge of environmental characteristics. In this case we found traces of lead pollution.

Keywords: Paleobiology, Taphonomy, XRD, SEM, EDX.

Introducción

El material óseo registrado en las excavaciones arqueológicas posee un importante valor científico, ya que en este queda almacenada gran cantidad de información tafonómica que describe algunos aspectos de la etología de algunas especies (incluida el humano) y las características del entorno. En algunas intervenciones arqueológicas este material arqueológico es el que aparece exhumado en mayores proporciones, por lo que su estudio se hace imprescindible para interpretar dicho yacimiento. Otras veces, como en la intervención que estamos tratando, el registro óseo conservado es muy escaso y aún así, el estudio paleobiológico y, sobre todo, el tafonómico, nos ayudan a describir algunos aspectos de la vida cotidiana del pasado (*Tafonomía de la Ausencia* en Bernáldez/Bernáldez, 2003: 171).

Los restos faunísticos que trataremos en este trabajo fueron rescatados en el pecio *Fougueux*, un buque de guerra francés de casi 56 m de eslora que se hundió frente a la playa de Camposoto (San Fernando, Cádiz) en la noche del 22 al 23 de octubre de 1805. La tripulación total de este barco era de unas 750 personas y para mantenerlas existían estancias donde almacenar el suministro de secos, de líquidos y de animales vivos (Rodríguez/Rieth/Izaguirre, 2010: 94-107; Rodríguez/Alzaga/Márquez, en prensa). Una mínima parte de esas viandas se ha conservado hasta nuestros días, a las que se suman los registros relacionados con la insalubridad de la vida a bordo.

Además del estudio paleobiológico, como parte del tafonómico se aplicarán técnicas físicas y químicas para obtener la mayor cantidad de información posible de este material. Consideramos interesante el análisis físico-químico de los restos rescatados en el Pecio de Camposoto, no solo por su procedencia (fondo marino), sino por el extraordinario estado de

conservación que presentaban aún llevando dos siglos expuestos a la bioerosión y colonización por parte de la biocenosis marina (Trueman/Martill, 2002: 371-382; Pfretzschner, 2004: 605-616; Berna/Matthews/Weiner, 2004: 867-882). En este caso analizaremos la presencia de elementos traza en los huesos, los cuales se utilizan en arqueología fundamentalmente para describir procesos diagenéticos (Trueman *et alii*, 2004: 721-739), para estudiar paleodietas (Burton/Price, 2003: 159-163) y para analizar contaminaciones ambientales pasadas (González-Reimers *et alii*, 2003: 97-103). Por lo tanto además de la determinación específica de los huesos, los caracterizaremos químicamente para comprender los procesos diagenéticos acontecidos y tratar de detectar posibles contaminaciones ambientales pasadas, lo que nos llevará a conocer algunos aspectos de la vida a bordo en un buque del siglo XIX.

Metodología

Metodología de análisis paleobiológico

En este apartado se describirá la metodología empleada por el Laboratorio de Paleobiología (IAPH) para llevar a cabo el análisis paleobiológico y tafonómico del material faunístico rescatado durante la intervención arqueológica. En primer lugar, se revisó el material entregado y se elaboró un primer diagnóstico del tratamiento a aplicar. En este caso el material orgánico se encontraba en buenas condiciones de conservación, algo infrecuente al tratarse de restos hallados en el fondo marino, donde los reservorios de carbonato (como el hueso) son rápidamente disueltos por la acción de microorganismos e invertebrados que los colonizan en, relativamente, poco tiempo.

El material nos llegó limpio e inmerso en una dilución de alcohol, por lo que se pasó a la determinación de las especies animales a las que pertenecían los huesos y a la descripción anatómica de los mismos, indicándose la parte conservada de cada hueso. Con las medidas de los huesos conservados más o menos enteros se ha elaborado una base de datos biométricos desde la que estimar la talla de los ejemplares sacrificados y rescatados, con referencia a las bases de datos que disponemos con medidas de huesos datados en los últimos 8.000 años. Para la determinación anatómica se ha usado la colección de referencia del Laboratorio de Paleobiología del IAPH y bibliografía especializada para roedores y peces (Antúñez *et alii*, 1978; Roselló, 1986).

Metodología de análisis químicos

Tras la identificación de los organismos se procedió a la extracción de las muestras para su análisis. Se extrajeron un total de seis muestras que se cortaron en secciones transversales y se embutieron en resinas para su observación al microscopio óptico y electrónico. Por otro lado, se trituraron algunas de las muestras hasta conseguir un polvo fino que usaríamos en el análisis por difracción de rayos X.

Difracción de Rayos X

Este método permite la identificación de los componentes inorgánicos que presentan estos materiales, los resultados suelen ser semicuantitativos y solo detecta las fases cristalinas que se encuentren en una proporción por encima del 5%. En este caso se ha utilizado el

método en polvo para cuantificación total. En el *análisis cualitativo*, se ha empleado el método de polvo cristalino para muestra total. El análisis mineralógico semicuantitativo se estimó siguiendo el método de los poderes reflectantes.

Microscopia electrónica de Barrido SEM con EDX

Se ha utilizado un equipo de Microscopia Electrónica Jeol 5200 equipado con sistema de microanálisis puntual de dispersión de rayos-X (EDX). Las muestras estudiadas, previamente a su visualización, se metalizaron en carbono para hacerlas más conductoras. Para la identificación composicional de las formas cristalinas existentes en el material óseo se ha empleado el EDX.

Resultados y discusión

El hallazgo paleobiológico rescatado en el pecio ha sido escaso, solo 12 restos óseos que suponen una representación de la fauna de la vida cotidiana en el barco y del medio marino (fig. 1).



Figura 1. Entre los restos óseos rescatados durante la intervención arqueológica del «Fougueux» se han podido determinar un bovino (A1 y A2), una rata (C) y peces (B1 y B2) que son un reflejo de la alimentación, de la insalubridad y del medio marino.

El consumo

Determinamos un astrágalo y una placa del esternón de un bóvido (*Bos taurus*) con cortes de carnicería y termo-alteración (medidas del astrágalo según Driesch, 1976; Lla: 58,96 mm, aPla: 33,41 mm, aPme: 31,65 mm, Ad: 35,04 mm, según esta medida el ejemplar se encuentra dentro del rango de otros individuos coetáneos de la especie).

La salubridad

Las ratas (*Rattus rattus*) a bordo suponen un foco de infecciones y enfermedades. Se han determinado un cráneo completo (más un fragmento), un húmero completo, una ulna completa y dos tibias completas. Todos los huesos presentaban las epífisis fusionadas de un adulto.

El medio marino

Hallamos dos restos de peces, concretamente de la zona mandibular.

En el análisis tafonómico, el primer aspecto importante a tratar es el buen estado de conservación que presentaban las muestras óseas. Durante el proceso de fosildia-génesis el entorno es fundamental para la conservación del elemento (Lee-Thorp/Sealy, 2008: 129-133), no solo por su componente ambiental (Berhensmeyer, 1978: 150-162), sino también por actividades como el carroñeo y la bioerosión (Bernáldez, 2009; Trueman/Martill, 2002: 371-382). En ambientes acuáticos el pH (Berna/Matthews/Weiner, 2004: 867-882), la abrasión al rozar con el sedimento (Fernández-Jalvo/Andrews, 2003: 147-163) y la bioerosión hacen que la degradación del material óseo sea más rápida. Podemos descartar el efecto de la abrasión y de la bioerosión en estos huesos puesto que se rescataron entre los restos de la estructura naval del pecio, por lo tanto protegidos del medio. Sin embargo, al encontrarse inmersos en un medio acuático sí se podrían registrar los efectos de las disoluciones. Es decir, en estos huesos del siglo XIX inmersos y protegidos por maderas la disolución podría ser el factor de degradación más importante. La disolución de los huesos está relacionada con el pH del medio y con la presencia de calcita en los huesos (Berna/Matthews/Weiner, 2004: 867-882). Es probable que la conservación sea óptima cuando el pH es superior a 8.1 o cuando los poros están saturados en calcita. En cambio, valores inferiores a 7 provocan una disolución más rápida del hueso y valores intermedios propician la recristalinización de la hidroxiapatita. Las aguas de la bahía de Cádiz presentan un pH de 7,68 (Molina, 2006), el cual podría explicar la buena conservación de los huesos. Algo que se vería beneficiado por la presencia de cristales de calcita en los poros, ya que este mineral se registra rellenando poros y fisuras en la totalidad de las muestras estudiadas. En ambientes terrestres la calcita es el mineral de neoformación más común dentro de los poros y huecos de los fósiles (Trueman *et alii*, 2004: 721-739); en ambientes acuáticos, se forma durante una fase tardía de la diagénesis con pH entre 8 y 10 (fig. 2; Pfretzschner, 2004: 605-616). Es decir, en la Bahía de Cádiz el Ph de 7,68 reduce la disolución de los huesos y favorece la formación de calcita (que a su vez favorece la conservación de los subfósiles).


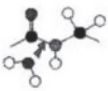


Early diagenesis			late diagenesis
			
microbial activity	gelatinization of collagen	radial microcracks	Inorganic reactions
pH 8-10	pH 8-10	pH 8-10	pH 8-10
Eh -200mV	Eh 0mV	Eh controlled by environment	Eh controlled by environment
Pyrite formation by sulfide precipitation			Pyrite formation by pH dependent precipitation
			Precipitation of ferrous hydroxide and transformation into goethite or hematite
			Precipitation of manganese hydroxide and transformation into pyrolusite.
			Calcite formation
			Silica formation

Figura 2. La diagénesis se puede dividir en dos periodos temporales. En un medio marino, la pirita se puede formar durante todo el proceso, sin embargo la calcita se da en la fase más tardía (imagen de Pfretzschner, 2004, 605-616).

Otro de los minerales que se han encontrado rellenando las lagunas de los osteocitos de la muestra de esternón de *Bos taurus* es el sulfato férrico o pirita (FeS_2 ; fig. 3). Este compuesto, junto con los óxidos de hierro, es bastante común en los fósiles (Raiswell *et alii*, 1993: 89-100; Zawlowicz/Kaye, 2006: 184-187) y se puede formar en los canales haversianos, en las lagunas de los osteocitos y en la parte proximal de los capilares durante toda la diagénesis si las condiciones del medio son favorables (Pfretzschner, 2004: 605-616) (también se pueden encontrar en grietas y fisuras cuando la formación se produce en periodos de diagénesis avanzados). En medios marinos la formación de pirita en huesos fósiles es muy común debido a la cantidad de sulfatos que contiene este medio de forma natural y que terminan reduciéndose a sulfuro (Pfretzschner, 2004: 605-616), además este sulfuro se suma al producido durante la descomposición del colágeno del hueso y al aportado desde el medio terrestre. En este caso, el componente limitante de la reacción sería la concentración de hierro, habiéndose determinado en la bahía de Cádiz una concentración de $14.59 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Molina, 2006). Algo que llama la atención es que la presencia de este compuesto solo se ha localizado en un semifósil de los registrados en este yacimiento, podemos encontrar dos posibles explicaciones para justificar esta ausencia. Por un lado, en un hueso que contiene plomo la ausencia de este compuesto de hierro puede estar relacionada con la competencia que ejerce este elemento con el calcio, el hierro, el zinc y el cobre (Rubio *et alii*, 2004: 72-80) y por otro lado, en el resto

de los huesos, en los que se han encontrado altas concentraciones de materia orgánica (colágeno), la ausencia de pirita puede ser justificada por la inexistencia de huecos en los que formarse y la menor concentración de sulfuros en el medio.

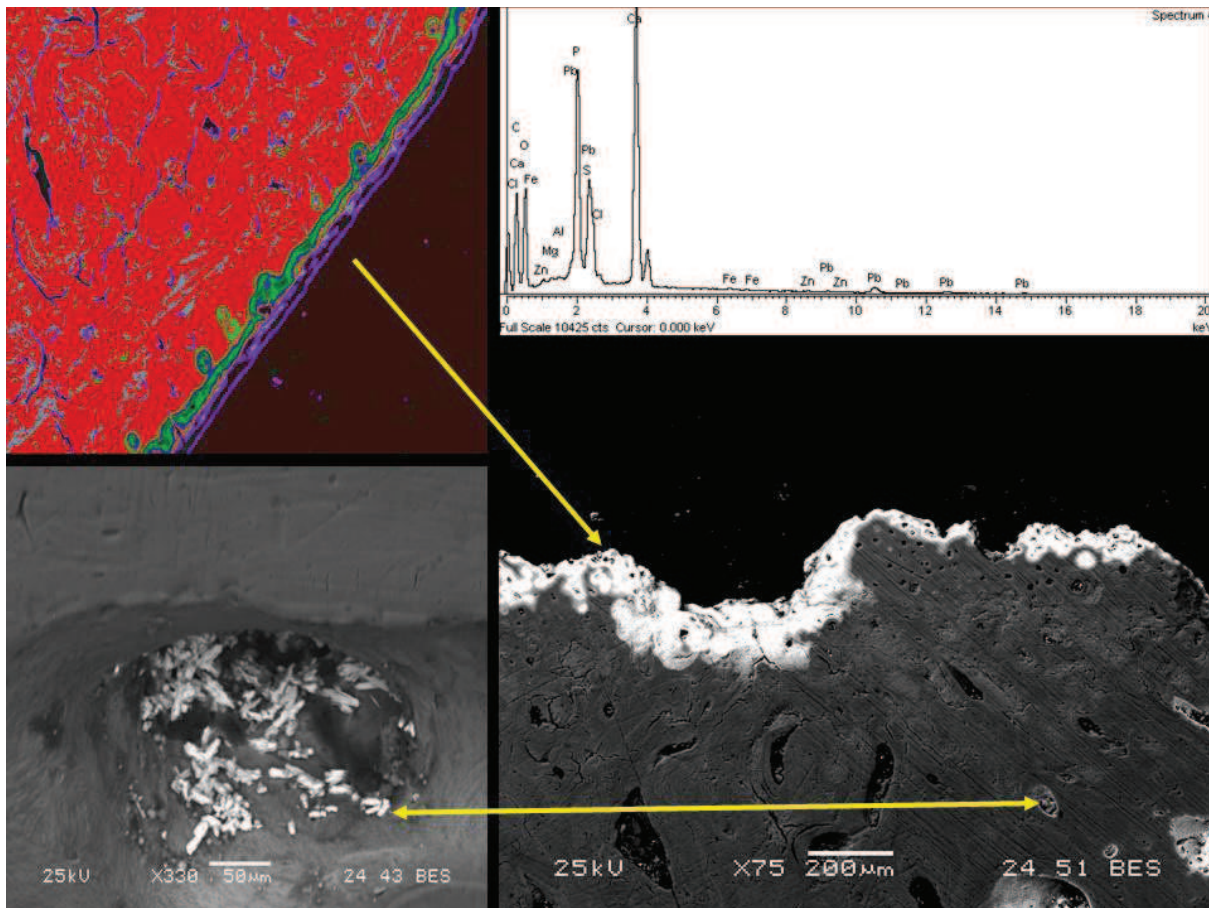


Figura 4. En la muestra tomada del astrágalo de bovino se localizaron cristales de carbonato de plomo (PbCO_3). Se ha llegado a la conclusión de que este plomo debió ser asimilado por el animal en vida, una afirmación que es refrendada por el tipo de mineral formado, por encontrarse en el hueso de una articulación y por la escasa presencia de carbonato cálcico. En la imagen inferior derecha se puede observar una muestra del astrágalo dónde los colores claros corresponden a carbonato de plomo, en la imagen inferior izquierda se puede observar un detalle de los cristales de este compuesto. La imagen superior izquierda está modificada con falso color, siendo el verde el carbonato de plomo. Obsérvese la localización de este mineral en todo el hueso y siempre en la parte interna.

Por último, analizamos el contenido de carbonato de plomo o hidrocerusita (PbCO_3) del astrágalo de *Bos taurus*. Durante el análisis tafonómico macroscópico determinamos unas manchas oscuras en la superficie del mismo relacionada con ese mineral de plomo. Esto nos hizo pensar en una impregnación externa del mismo por la presencia de balines en el entorno. No obstante, el hecho de localizarse este mineral solo en una de las seis muestras analizadas nos hizo pensar que el origen del mismo estaba más relacionado con un proceso metabólico en vida que con una neoformación durante la diagénesis. El tipo de hueso, el tipo de mineral formado, la distribución de este en el hueso y la ausencia de carbonato cálcico apoyarían esta idea por diferentes motivos. Los estudios en contaminación por plomo (Rubio *et alii*, 2004: 72-80; Ramírez, 2005: 57-70) reflejan que el 90% del plomo presente en el organismo (Carga Corporal de Plomo, CCP) se

almacena en el tejido óseo en forma de carbonato de plomo y que las mayores concentraciones se dan en los dientes y en las epífisis de los huesos largos, así como en los huesos que forman las rodillas (el astrágalo está situado en la articulación del talón). Debido a su capacidad para bioacumularse, la concentración de este metal en plantas y animales se magnifica a lo largo de la cadena alimenticia (Haliwell/Turoczy/Stagnitti, 2000: 583-590), por lo que un herbívoro podría acumular este metal por la vía respiratoria y por la ingestión de agua y de plantas previamente contaminadas. Analizando los hielos de Groenlandia se ha descubierto que en 1980 la polución ambiental por plomo alcanza una concentración 20 veces superior a la registrada 200 años antes (Gual, 1994: 5-17), es decir, cuando el buque objeto de estudio se hundió en aguas de Cádiz (1805) el nivel de contaminación ambiental por plomo estaba en ascenso (fig. 5; Osterberg *et alii*, 2008: 1-4; Weiss, Shotyk/Kempf, 1999: 262-275). Los enfermos de plumbismo o saturnismo presentan desde cansancio, anemia y malestar epigástrico hasta parálisis por neuritis saturnina y encefalitis (Rivas/Vicuña/Wong, 2000: 73-81; Mejía-Gómez/Medina/Padilla-Padilla, 2003: 53-61; Ramírez, 2005: 57-70), pero lo que más nos interesa para este estudio es cómo afecta el plumbismo al metabolismo paralelo del calcio, ya que sustituye a este elemento en el hueso hasta el punto de denominar al plomo buscador de hueso, *bone seekers* (Miyahara *et alii*, 1995: 191-197; Bronner, 2002: 359-369). El resto de huesos presentan una capa más o menos continua rica en carbonato cálcico, producto del proceso de fosilización, en cambio el astrágalo no, seguramente debido a la presencia del plomo.

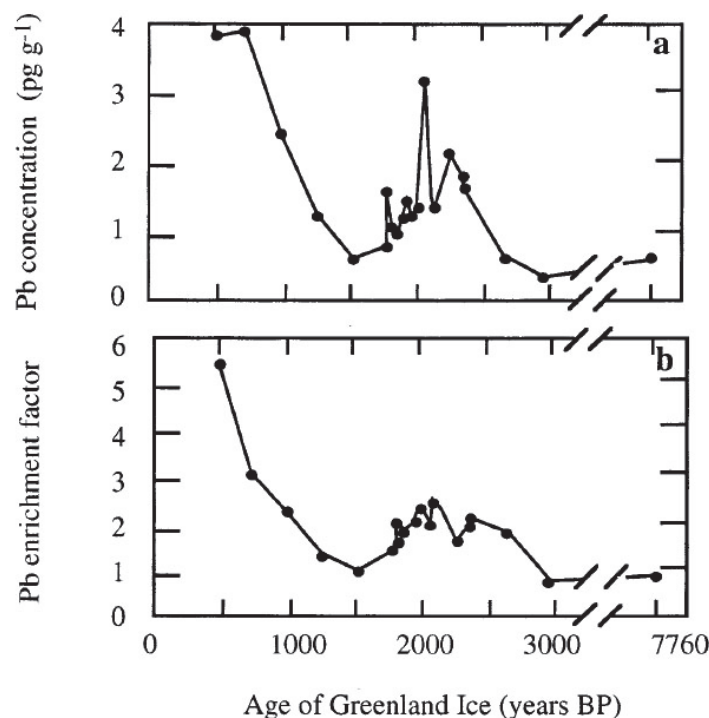
Conclusiones

La muestra ósea registrada en el pecio de Camposoto supone una representación faunística de la alimentación (ungulados), de la comunidad del «ecosistema buque» (roedores) y del medio marino (ictiofauna). Aún siendo una muestra pequeña, refrenda diferentes aspectos de la vida a bordo recogidos en textos antiguos y archivos (Cartaya, 2008: 127-145; Flores, 1994: 147-163).

El análisis tafonómico de la superficie de los huesos nos indica en primer lugar que no hay erosión ni bioerosión natural, lo que implica un enterramiento o un aislamiento inmediato y continuado que ha mantenido bien conservado el colágeno del hueso. En segundo lugar, el análisis químico y estructural de estos mismos restos nos proporcionan información relativa a los efectos de ciertos agentes y nos hablan del proceso diagénético acontecido y de algunos aspectos de la vida del animal. Por un lado, la calcita y la pirita podrían generarse durante la diagénesis, mientras que el carbonato de plomo proviene de una contaminación ambiental en vida del animal.

- Carbonato de calcio (calcita) en todos los elementos analizados. El pH propio de la Bahía de Cádiz propiciaría la generación de este mineral en los restos. La acumulación del mismo en los poros reduce la disolución de los subfósiles en medios acuáticos.
- Sulfato férrico (pirita) en el fragmento de esternón de la vaca. Es muy común hallar pirita en los huesos sumergidos en el mar debido a la cantidad de sulfatos que contiene este medio. Por lo tanto, la presencia de este mineral en el hueso es probablemente un proceso diagénético en un medio marino.

- Carbonato de plomo en el astrágalo cortado y quemado de la vaca. En el microscopio electrónico (SEM) se observó una capa superficial de carbonato de plomo (hidrocerusita) concentrada en la capa más próxima al hueso compacto. Según Rubio *et al.* (2004: 72-80), cuando el plomo es ingerido se acumula en los huesos en forma de carbonato de plomo. Por lo tanto, probablemente estemos hablando de una contaminación de este metal en el agua continental que llegará a vegetales y animales que luego consumen los humanos. El corte de carnicería no deja duda de que este animal formó parte de la alimentación humana y que una continuada ingestión de carne contaminada llevaría, probablemente, a los consumidores a padecer la enfermedad neurodegenerativa del plumbismo o saturnismo.



1117

Figura 5. Plomo en los hielos (Weiss, Shotyk y Kempf, 1999, 164). Se observa como a principios del siglo XIX la concentración de plomo mundial se halla en ascenso.

Agradecimientos

Este ha sido un trabajo realizado en el marco del Proyecto de Excelencia «Nuevo enfoque técnico-metodológico para la protección y conocimiento del Patrimonio Arqueológico Orgánico: Paleobiología, ADN antiguo y análisis físico-químicos», concedido por la Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía a la Universidad Pablo de Olavide y al Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.

Bibliografía

ANTÚÑEZ, A.; BLASCO, M.; GARCÍA, J. E., y VARGAS, J. M. (1978): *Clave para la identificación de los cráneos de los mamíferos terrestres de Andalucía*, Universidad de Málaga, Málaga.

- BEHRENSMEYER, A. K. (1978): «Taphonomic and ecologic information from bone weathering», *Paleobiology*, 4. 2: 150-162
- BERNA, F.; MATTHEWS, A., y WEINER, S. (2004): «Solubilities of bone mineral from archaeological sites: the recrystallization window», *Journal of Archaeological Science*, 31: 867-882.
- BERNÁLDEZ, E. (2009): *Bioestratinomía de macrovertebrados terrestres de Doñana. Inferencias Ecológicas en los yacimientos del S.O. de Andalucía*, BAR International Series 1978, Archaeopress, Oxford.
- BERNÁLDEZ, E., y BERNÁLDEZ, M. (2003): «Restos óseos», en *Arqueología y rehabilitación en el Parlamento de Andalucía. Intervenciones arqueológicas en el Antiguo Hospital de las Cinco Llagas de Sevilla*, Secretaría General del Parlamento de Andalucía, Sevilla: 171.
- BRONNER, F. (2002): «Metals in Bone. Aluminium, Boron, Cadmium, Chromium, Lead, Silicon and Strontium», *Principles of Bone Biology*, 1: 359-369.
- BURTON, J. H., y PRICE, T. D. (2003): «Interpreting the trace-element components of bone - a current perspective from the Laboratory for Archaeological Chemistry», in GRUPE, G., PETERS, J. (eds.) *Deciphering ancient bones: The research potential of bioarchaeological collections*, *Documenta Archaeobiologiae*, Marie Leidorf, Rahden: 159-163.
- CARTAYA, J. (2008): «La alimentación en la armada española en la Edad Moderna. Una visión distinta de la batalla de Trafalgar», *Historia, Instituciones, Documentos*, 35: 127-145.
- DRIESCH, A. VON DEN (1976): *A Guide to the Measurement of Animal Bones from Archaeological Sites*, Peabody Museum Bulletin No. 1, Harvard University, Cambridge.
- GONZÁLEZ-REIMERS, E.; VELASCO-VÁZQUEZ, J.; ARNAY-DE-LA-ROSA, M.; ALBERTO-BARROSO, V.; GALINDO-MARTÍN, L., y SANTOLARIA-FERNÁNDEZ, F. (2003): «Bone cadmium and lead in prehistoric inhabitants and domestic animals from Gran Canaria», *The Science of the Total Environment* 301: 97-103.
- GUAL, J. (1994): «Intoxicación por plomo», *LAB 2000* 53: 5-17.
- FERNÁNDEZ-JALVO, Y., y ANDREWS, P. (2003): «Experimental effects of water abrasion on bone fragments», *Journal of Taphonomy*, 1. 3: 147-163.
- FLORES, A. (1984): «Protagonismo andaluz en la sanidad naval del siglo XVII», *Actas II Jornadas de Andalucía y América en el siglo XVII*, Tomo I, Sevilla: 363-384.
- HALIWELL, D.; TUROCY, N., y STAGNITTI, F. (2000): «Lead concentrations in Eucalyotus sp. in a small coastal town», *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 65: 583-590.
- LEE-THORP, J., y SEALY, J. (2008): «Beyond documenting diagenesis: The fifth international bone diagenesis workshop», *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266: 129-133.
- MEJÍA-GÓMEZ, G.; MEDINA, M. T., y PADILLA-PADILLA, A. (2003): «Exposición laboral a plomo. Un estudio de casos y controles en Honduras», *Revista Médica de los Postgrados de Medicina*, 8: 53-61.

- MIYAHARA, T.; KOMIYAMA, H.; MIYANISHI, A.; TAKATA, M.; NAGAI, M.; KOZUKA, H.; HAYASHI, T.; YAMAMOYO, M.; ITO, Y.; PDAKE, H., y KOIZUMI, F. (1995): «Stimulative effects of lead on bone resorption in organ culture», *Toxicology* 97: 191-197.
- MOLINA, F. (2006): «FIR Bahía de Cádiz», *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar* (FIR).
- OSTERBERG, E.; MAYEWSKI, P.; KREUTZ, K.; FISHER, D.; HANDLEY, M.; SNEED, S.; ZDANOWICZ, C.; ZHENG, J.; DEMUTH, M.; WASKIEWICZ, M., y BORGEOIS, J. (2008): «Ice core record of rising lead pollution in the North Pacific atmosphere», *Geophysical Research Letters*, 35: 1-4.
- PFRETZSCHNER, H. U. (2004): «Fossilization of Haversian bone in aquatic environments», *Comptes Rendus Palevol*, 3: 605-616.
- RAISWELL, R.; WHALER, K.; DEAN, S.; COLEMAN, M. L., y BRIGGS, D.E.G. (1993): «A simple three-dimensional model of diffusion-with-precipitation applied to localised pyrite formation in framboids, fossils and detrital iron minerals», *Marine Geology*, 113: 89-100.
- RAMÍREZ, A. V. (2005): «El cuadro clínico de la intoxicación ocupacional por plomo», *Anales de la Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 66.1: 57-70.
- RIVAS, F.; VICUÑA, N., y WONG, S. (2000): «Exposición urbana no ocupacional al plomo y niveles sanguíneos en mujeres embarazadas y en recién nacidos, Mérida, Venezuela», *Revista de la Facultad Nacional de Salud Pública*, 18: 73-81
- RODRÍGUEZ, N.; ALZAGA, M., y MÁRQUEZ, L. (en prensa): «El navío francés Fougueux (1785-1805): la compartimentación del buque a través de la ubicación de sus vestigios», en *I Congreso Nacional de Arqueología Náutica y Subacuática Española*.
- RODRÍGUEZ, N. E.; RIETH, E., y IZAGUIRRE, M. (2010): «Investigaciones en el pecio de Campo-soto: hacia la identificación del navío francés Fougueux», *Boletín PH*, 75: 94-107.
- ROSELLÓ, E. (1986): *Contribución al atlas osteológico de los teleósteos ibéricos. I. Dentario y articular*; Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid, Madrid.
- RUBIO, C.; GUTIÉRREZ, A. J.; REVERT, C.; LOZANO, G., y HARDISSON, A. (2004): «El plomo como contaminante alimentario», *Revista de Toxicología*, 21: 72-80.
- TRUEMAN, C.N.; BEHRENSMEYER, A. K.; TUROSS, N., y WEINER, S. (2004): «Mineralogical and compositional changes in bones exposed on soil surfaces in Amboseli National Park, Kenya: diagenetic, mechanisms and the role of sediment pore fluids», *Journal of archaeological Science*, 31: 721-739.
- TRUEMAN, C. N., y MARTILL, D. M. (2002): «The long-term survival of bone: the role of bioerosion», *Archaeometry*, 44 (3): 371-382.
- WEISS, D.; SHOTYK, W., y KEMPF, O. (1999): «Archives of atmospheric lead pollution», *Naturwissenschaften* 86: 262-275.
- ZAWLOWICZ, Z., y KAYE, T. (2006): «Replacement of iron sulphides by oxides in the dinosaur bone from the lance FM. (Wyoming, USA) - Preliminary Study», *Mineralogia Polonica Special Papers*, 29: 184-187.